



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 7 月 1 1 日

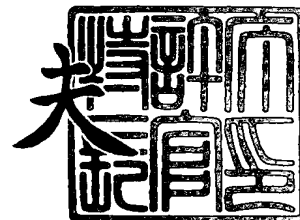
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 9 5 5 6 9  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 1 9 5 5 6 9 ]

出 願 人  
Applicant(s): 西 部 電 機 株 式 有 限 公 司

2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 7 7 7 6



【書類名】 特許願

【整理番号】 033706SE

【提出日】 平成15年 7月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23B 5/36

【発明者】

    【住所又は居所】 福岡県古賀市駅東3丁目3番1号 西部電機株式会社内

    【氏名】 平山 忍

【発明者】

    【住所又は居所】 福岡県古賀市駅東3丁目3番1号 西部電機株式会社内

    【氏名】 森川 敏郎

【発明者】

    【住所又は居所】 福岡県古賀市駅東3丁目3番1号 西部電機株式会社内

    【氏名】 蓑原 昌宏

【発明者】

    【住所又は居所】 福岡県古賀市駅東3丁目3番1号 西部電機株式会社内

    【氏名】 新貝 幸樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000196705

    【氏名又は名称】 西部電機株式会社

    【代表者】 森 徹郎

【代理人】

    【識別番号】 100092347

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 尾仲 一宗

    【電話番号】 03-3801-8421

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 009885

    【納付金額】 21,000円

**【提出物件の目録】**

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9000913

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 工作物を任意の曲面に切削加工する高速曲面加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主軸台に回転可能に支持された工作物を保持する主軸、前記主軸を Z 軸方向に往復移動可能な Z 軸テーブル、前記主軸と対向する位置に配設され且つ前記 Z 軸方向に直交する X 軸方向に往復移動可能な X 軸テーブル、前記 X 軸テーブルに取り付けられたターナベース、前記ターナベース上で前記 Z 軸方向に平行な Y 軸方向に往復移動可能でバイトを取り付けるスライダ、及び前記スライダを前記 Y 軸方向に往復運動させる駆動装置を有する NC 加工機を用いて前記工作物を切削加工する加工方法において、

前記スライダの往復移動の加速度を予め決められた所定の加速度に設定し、前記所定の加速度を基準にして運動させるように前記主軸の回転速度を変化させ、前記主軸の可変回転速度の回転に、前記スライダの前記 Y 軸方向への動き及び前記 X 軸テーブルの前記 X 軸方向への動きを互いに同期させ、前記バイトの Y 軸移動方向に直交する前記工作物の対向面を前記バイトによって予め決められた所定の曲面に切削加工することを特徴とする工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 2】 前記駆動装置は、リニアモータ又は回転式サーボモータであることを特徴とする請求項 1 に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 3】 前記スライダの往復移動の前記所定の加速度は、前記スライダの往復移動の最高加速度以内に設定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 4】 前記スライダの前記所定の加速度が一定になるように変化する前記主軸の回転速度は、任意の直線や曲線の変化率で上昇させることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 5】 前記バイトによる前記工作物の切削加工時に、前記主軸を取り付けた前記 Z 軸テーブルを前記 Z 軸方向に移動させ、前記 Z 軸テーブルの前記 Z 軸方向への動きを、前記主軸の前記可変回転速度の回転、前記スライダの前記 Y 軸方向への動き及び前記 X 軸テーブルの前記 X 軸方向への動きに互いに同期させることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加

工方法。

【請求項 6】 前記工作物に対する前記所定の曲面の切削加工は、前記主軸に対する角度周期により繰り返される類似指令を考慮する繰り返しの周期に角度を用いた予見学習制御及び学習制御によって達成されることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 7】 前記工作物を前記所定の曲面に切削加工する場合には、前記バイトを取り付けた前記スライダの前記 Y 軸方向の往復移動のストロークは、前記工作物を保持した前記主軸の前記 Z 軸方向の移動のストローク分だけ差し引いた値に設定されることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 8】 前記工作物に切削加工される前記所定の曲面がベースの R 形状半径値と前記ベースに直交するクロスの R 形状半径値から成るトーリック形状の場合には、前記工作物を保持した前記主軸の前記 Z 軸方向の移動が前記ベースの R 形状半径値に対応する移動量に設定され、前記バイトを取り付けた前記スライダの前記 Y 軸方向の移動は前記クロスの R 形状半径値に対応する移動量と前記ベースの R 形状半径値に対応する前記移動量との差分に設定されることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 9】 前記バイトによって前記所定の曲面に切削加工される前記工作物は、眼鏡用レンズであることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 10】 前記主軸の 1 回転に対して前記スライダは N 回往復移動するように設定されていることを特徴とする請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 11】 前記スライダを往復運動させる前記リニアモータは、前記スライダ及び前記ターナベースのいずれか一方に組み込まれた界磁マグネットと他方に組み込まれた電機子コイルとから構成されていることを特徴とする請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【請求項 12】 前記リニアモータを組み込んだ前記ターナベースには、前記ターナベースの位置検出のためリニアスケールが装着されていることを特徴と

する請求項 11 に記載の工作物の高速曲面加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、NC加工機を用いて樹脂製レンズ等の工作物をトーリック形状（円環面形状）等の予め決められた任意の曲面に切削加工する工作物の高速曲面加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光学デバイスや情報機器デバイス等には、種々の種類の光学レンズが組み込まれている。光学レンズは一般に軸対称非球面をしており、ガラスの表面を成形又は加工し、仕上げとして研磨装置で研磨して製作される。軸対称非球面を製作するための研磨装置としては、従来から種々のものが開発されている。このような研磨装置は、面粗度を向上するための装置であり、仕上げ加工に向くという利点があるものの、工作物の回転速度が遅く、研磨速度が遅くなり、加工物の形状を創成することは不可能である。

【0003】

従来、NC加工機を用いて、工作物に対してバイトによって短時間に且つ高精度に非軸対称非球面を加工する加工方法が知られている。該加工方法は、加工の際には主軸台を載置したZ軸テーブルは移動しないように固定され、主軸のチャックには工作物に取り付けられ、工作物がスピンドルモータによって主軸回りに回転する。一方、バイトを保持したスライドはNC制御装置によってZ軸方向に往復運動し、また、スライドを載置したX軸テーブルはX軸方向に往復運動する。スライド及びX軸テーブルの往復運動は、工作物の回転に同期して行われると共に、スライド及びX軸テーブルは互いに同期して往復運動する（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

また、NC加工機において、Y軸方向に往復動するスライダをリニアモータで駆動するものが知られている。該NC加工機は、ターナベースに設けたスライダ

をリニアモータでZ軸方向に往復移動させ、高速高加速度に対応する切削加工を可能にするものであり、ターナベースに固定されたX軸方向に直交するZ軸方向に延びる軌道レールを備えたスライドブロック、スライドブロックに対して軌道レールに沿って高速高加速度で往復移動するバイトを取り付けたスライダ、及びスライダをリニアガイドの軌道レールに沿って往復移動させる駆動装置を有する。駆動装置は、スライドブロックに固定されたりニアモータコイルとスライダに組み込まれたりニアモータ磁石板から構成され、スライダの移動量を検出するリニアスケールとリニアスケール検出器が設けられている（例えば、特許文献2参照）。

#### 【0005】

また、NC加工機を制御するため、学習制御装置における予見学習制御装置が知られている。該予見学習制御装置は、 $m$ 個の入力と $p$ 個の出力を持ち、状態空間表現で表される制御対象の出力ベクトルを、周期 $L$ で同じパターンを繰り返す目標指令ベクトルに追従させるように、現在時刻において目標指令ベクトルと制御対象の出力ベクトル及び状態ベクトルを入力し、制御入力ベクトルを制御対象へ出力する学習制御装置において、目標指令ベクトルと出力ベクトルより偏差ベクトルを求める手段と、学習制御用定数行列を記憶する手段と、所定の評価関数が最小となるように現在時刻の制御入力ベクトルを決定する手段とを有するものである（例えば、特許文献3参照）。

#### 【0006】

また、工作物に対する軸非対称非球面加工法が知られている。該軸非対称非球面加工法は、回転可能な主軸上に取り付けられた加工物を回転させながら加工物に対して工具を相対的に移動させ、加工面を形成するものであり、加工位置に同期させて、加工物を回転軸と垂直な平面上で、主軸の半径方向に移動させ、工具位置も加工位置に応じて変えることにより、加工物を軸非対称非球面加工を行うものである（例えば、特許文献4参照）。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開平11-309602号公報（第1，2頁，図1）

**【特許文献2】**

特開 2002-126907号公報 (第1, 2頁, 図4)

**【特許文献3】**

特開平 7-141004号公報 (第1, 2頁, 図1)

**【特許文献4】**

特開 2003-94201号公報 (第1, 2頁, 図1)

**【0008】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、工作物の加工方法について、研磨による方法では加工に長時間を要するという問題があることから、工作物を非球面の曲面に短時間で加工することが求められていた。そこで、上記のように、NC加工機を用いて工作物の端面を非軸対称非球面に短時間で切削加工することが開発されたが、該加工方法は、主軸を往復移動させるZ軸方向の移動を停止させて工作物の加工を行うものであり、また、工作物の加工時間を大幅に短縮することができなかった。

**【0009】**

また、上記のような各種の従来の曲面加工方法は、Y軸方向の往復移動させる駆動装置によるバイト往復移動の最高加速度を基準にして主軸の回転速度を決定して主軸の回転速度を一定に設定しており、工作物を保持している主軸の回転が一定であることが基本的な技術的思想である。即ち、従来の曲面加工方法は、バイトを取り付けているY軸方向に往復移動するスライダの加速度を考慮して主軸の回転が工作物の切削加工を通して所定の回転数に決定されており、そのため、工作物に対する切削加工のサイクルタイムが長くなる要因になっていた。工作物の中心部と外周部に対するY軸方向へのスライダの運動量は中心部が少ないが、主軸の回転数は外周部を基準にして設定されており、主軸の回転数を変更する制御に構成されていないので、スライダをY軸方向への最大加速度で移動させるのは工作物の外周部のみとなり、Y軸方向のスライダの高加速度性能を十分に利用していなかった。

**【0010】**

一般的に、曲面加工方法について、工作物が眼鏡レンズ等である場合に、工作



物の最外周部を加工する時に、スライダのY軸移動量が一番大きくなり、最外周部から中心部に加工が進むに従ってY軸移動量は小さくなる。レンズ等の工作物に対する加工順序は、工作物の外周部の大径側から中心部の小径側へ加工して行き、工作物に対する加工部位の移行はスライダのX軸方向への移動によって行なわれている。また、従来の曲面加工方法は、工作物の最外周部でのスライダのY軸方向の加速度が、機械構造上や性能上によって決められる最大加速度の値以下になるように、主軸の回転数が決定され、主軸の予め決められた所定の回転数で主軸を回転させ、工作物は切削加工され、加工中は主軸の回転数は一定になっている。その理由は、従来の曲面加工方法は、学習制御によってコントロールされており、学習制御の周期として時間を採用しているため、常に主軸が1回転（ $360^{\circ}$ ）する時間が同一である必要がある。従来の曲面加工方法は、上記のことが基本になっているため、工作物の加工中の主軸の回転数が一定、即ち主軸1周の時間が常に一定であり、例えば、外周部から内周部へ加工を進行させる眼鏡用レンズ等の工作物の場合に、工作物の中心部側の方がY軸（バイトを取り付けたスライダ）の移動量が少なくなるので、Y軸の加速度は外周部から中心部に進むにつれて小さくなって行く。

#### 【0 0 1 1】

一方、X軸テーブルにスライダを備えたリードターナを搭載した曲面加工装置について、スライダのY軸方向への移動は、工作物の加工中に高速高加速度の運動を行なうことができるように構成されている。従って、従来の曲面加工方法について、工作物を外周部から中心部へと加工して行くに従ってスライダ（Y軸）の加速度が低下するということは、スライダ（Y軸）の移動について十二分に性能を発揮していないことになる。そこで、工作物の曲面加工方法について、工作物の加工のサイクルタイムを短縮するため、スライダ（Y軸）の加速度の性能を如何に有効に利用するか課題がある。

#### 【0 0 1 2】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明の主たる目的は、上記課題を解決することであり、バイトを取り付けたスライダを往復移動させる駆動装置を、従来の主軸の回転速度を一定にして時

間クロックによるパルス指令に代えて、スライダの往復移動の加速度を予め決められた所定の加速度、例えば、最高加速度又はそれ以下の可及的に高い加速度に決定し、該所定の加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転数を変化させて回転させ、主軸の回転角の角度周期によりパルス指令を出力し、工作物の中心側の切削加工におけるスライダの加速度、好ましくは最高加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転数を可変に回転駆動し、工作物の外周側の加工位置の主軸の回転速度を低速度にし、中心側の加工位置になるに従って主軸の回転速度を上昇させる可変回転速度で主軸を駆動し、工作物を予め決められた所定の曲面に切削加工する加工時間を短縮してサイクルタイムを短縮し、工作物に対する切削加工効率を向上させる高速曲面加工方法を提供することである。

#### 【0013】

この発明の更なる目的は、樹脂製レンズ等の工作物を保持した主軸の回転に、主軸のZ軸方向への動き、ターナを取り付けたX軸テーブルのX軸方向への動き及びバイトを取り付けたスライダのY軸方向への動きを同期させて、工作物を凸レンズ面、凹レンズ面、トーリックレンズ面、累進多焦点レンズ面等の各種形状の曲面に切削加工し、それによって主軸をZ軸方向に移動させた分だけスライダのY軸方向の移動量のストロークを短くし、スライダのストロークを短くした分だけスライダを小型に形成し、スライダの慣性力を小さくして高速高加速度の往復運動を可能し、リニアモータによる応答性をフルに活かして、工作物を予め決められた所定の曲面に短時間で高精度に切削加工する工作物の高速曲面加工方法を提供することである。

#### 【0014】

この発明は、主軸台に回転可能に支持された工作物を保持する主軸、前記主軸をZ軸方向に往復移動可能なZ軸テーブル、前記主軸と対向する位置に配設され且つ前記Z軸方向に直交するX軸方向に往復移動可能なX軸テーブル、前記X軸テーブルに取り付けられたターナベース、前記ターナベース上で前記Z軸方向に平行なY軸方向に往復移動可能でバイトを取り付けるスライダ、及び前記スライダを前記Y軸方向に往復運動させる駆動装置を有するNC加工機を用いて前記工作物を切削加工する加工方法において、前記スライダの往復移動の加速度を予め

決められた所定の加速度に設定し、前記所定の加速度を出来るだけ一定に保って運動するように前記主軸の回転数を変化させ、前記主軸の可変回転速度の回転に、前記スライダの前記 Y 軸方向への動き及び前記 X 軸テーブルの前記 X 軸方向への動きを互いに同期させ、前記バイトの Y 軸移動方向に直交する前記工作物の対向面を前記バイトによって予め決められた所定の曲面に切削加工することを特徴とする工作物の高速曲面加工方法に関する。

#### 【 0 0 1 5 】

前記駆動装置は、リニアモータ又は回転式サーボモータで構成されている。バイトを取り付けたスライダを往復移動させる駆動装置については、その応答性や往復移動速度は、回転式サーボモータに比較してリニアモータの方がサイクルタイムを一層短縮することができるものである。

#### 【 0 0 1 6 】

前記スライダの往復移動の前記所定の加速度は、前記スライダの往復移動の最高加速度以内に設定されている。更に、前記スライダの前記所定の加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転数を変化させる前記主軸の回転速度は、直線、二次曲線、三次曲線、四次曲線、対数曲線等の適正化した任意の曲線の変化率で上昇させることができる。

#### 【 0 0 1 7 】

この高速曲面加工方法は、前記バイトによる前記工作物の切削加工時に、前記主軸を取り付けた前記 Z 軸テーブルを前記 Z 軸方向に移動させ、前記 Z 軸テーブルの前記 Z 軸方向への動きを、前記主軸の前記可変回転速度の回転、前記スライダの前記 Y 軸方向への動き及び前記 X 軸テーブルの前記 X 軸方向への動きに互いに同期させる。

#### 【 0 0 1 8 】

前記工作物に対する前記所定の曲面の切削加工は、前記主軸に対する角度周期により繰り返される類似指令を考慮する繰り返しの周期に角度を用いた予見学習制御及び学習制御によって達成されるものである。

#### 【 0 0 1 9 】

この高速曲面加工方法は、前記工作物を前記所定の曲面に切削加工する場合に

は、前記バイトを取り付けた前記スライダの前記Y軸方向の往復移動のストロークは、前記工作物を保持した前記主軸の前記Z軸方向の移動のストローク分だけ差し引いた値に設定される。なお、Z軸テーブルを固定又は静止させた場合には、主軸の移動量は零になる。

#### 【0020】

また、この高速曲面加工方法は、前記工作物に切削加工される前記所定の曲面がベースのR形状半径値と前記ベースに直交するクロスのR形状半径値から成るトーリック形状の場合には、前記工作物を保持した前記主軸の前記Z軸方向の移動が前記ベースのR形状半径値に対応する移動量に設定され、前記バイトを取り付けた前記スライダの前記Y軸方向の移動は前記クロスのR形状半径値に対応する移動量と前記ベースのR形状半径値に対応する前記移動量との差分に設定される。或いは、トーリック形状に近似する形状の場合には、前記工作物を保持して前記主軸の前記Z軸方向の移動が前記ベースのR形状半径値に対応する移動量に設定され、前記バイトを固定した前記スライダの前記Y軸方向の移動は前記クロスのR形状半径値に対応する移動量と前記ベースのR形状半径値に対応する移動量との差分と独自分に設定される。また、Z軸テーブルを固定した場合には、主軸のZ軸方向への移動量は、零になり、一種の特異点を表すことになる。

#### 【0021】

前記バイトによって前記所定の曲面に切削加工された前記工作物は、眼鏡用レンズである。また、前記主軸の1回転に対して前記スライダは複数回往復移動するように設定されている。例えば、工作物に切削加工される所定の曲面が、トーリックレンズの場合には2往復され、累進多焦点レンズの場合には往復回数を特定できず、累進多形状に応じて複数回即ちN回往復移動するように設定される。

#### 【0022】

前記主軸の1回転に対して前記スライダはN回往復移動するように設定されている。また、前記スライダを往復運動させる前記リニアモータは、前記スライダ及び前記ターナベースのいずれか一方に組み込まれた界磁マグネットと他方に組み込まれた電機子コイルとから構成されている。また、前記リニアモータを組み込んだ前記ターナベースには、前記ターナベースの位置検出のためリニアスケ-

ルが装着されている。

### 【0023】

この高速曲面加工方法は、上記のように構成されているので、スライダの往復移動の加速度を最高加速度以内に設定し、そのスライダの加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転数を変化させることができるので、主軸の回転速度を一定に設定した従来の曲面加工方法に比較して、スライダを駆動するリニアモータや回転式サーボモータの駆動装置の機能を最大限に機能させることができ、工作物加工のサイクルタイムを大幅に短くすることができ、樹脂製レンズのレンズ面等の工作物の加工効率を向上させることができる。

### 【0024】

また、この高速曲面加工方法について、工作物の対向面をスライダに取り付けたバイトによってトーリック形状に切削加工する場合には、レンズ面に直交する方向（Z軸方向とY軸方向）のY軸ストロークは工作物に切削加工される曲面形状分必要になるが、スライダをY軸方向に移動させると共に主軸をZ軸方向に同期させて移動させれば、切削加工する工作物の形状がトーリック形状の曲面であって、ベースのR形状半径値 $R_L$ がそれに直交するクロスのR形状半径値 $R_S$ より大きいとすると、Y軸のスライダは、ベースのR形状半径値 $R_L$ に対応する移動量 $R_B$ とクロスのR形状半径値 $R_S$ に対応する移動量 $R_C$ との差分（ $R_B - R_C$ ）だけ移動すればよいことになり、スライダのストロークが主軸を固定した場合より短く設計できる。この時、スライダをY軸方向に移動させる駆動装置をリニアモータで構成した場合には、スライダのストロークが短くなる分だけリニアモータ自体を小型に設計でき、可動側のスライダを小型化でき、スライダの質量も小さく設計できるので、リニアモータは、可動物の質量と出力によって可動物の加速度が決定されるため、可動物即ちスライダをできるだけ軽量にすることによってスライダの加速度を上げることができ、スライダの最高加速度をアップさせることができ、サイクルタイムを益々短縮することができる。

### 【0025】

この高速曲面加工方法は、制御指令の繰り返し性を利用する学習制御装置や予見学習制御装置を用いて制御することが好ましく、制御指令と実際の動き量との

差が限りなく零になるように制御する必要がある、制御指令の繰り返し性を向上させ、最終の曲面加工形状の誤差量を零に近づけて工作物に対して高精度に切削加工できる。即ち、この高速曲面加工方法は、スライダの加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転数を変えること、主軸が学習制御機能によって主軸の回転数の指令と実際の主軸の回転数との差を出来る限りゼロになるように制御されていること、このように回転制御される主軸の回転に同期して、主軸を Z 軸方向に移動させつつバイトを Y 軸方向に移動させると共に、ターナベースを X 軸方向に移動してレンズ面等の工作物の対向面をトーリック形状等の加工形状に切削加工することによって、工作物の対向面に渦巻き状の加工軌跡を描かせながら、制御指令の繰り返し性が向上し、また、制御指令と実際の動きとの差が極めて少なくなり、工作物に対してより高精度で高速に曲面加工することができ、サイクルタイムを短縮することができる。

#### 【 0 0 2 6 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明による工作物の高速曲面加工方法の実施例を説明する。まず、図 2 ～ 図 5 を参照して、この発明による高速曲面加工方法を実施する際に用いられる N C 加工機について説明する。

#### 【 0 0 2 7 】

この発明による工作物の高速曲面加工方法を達成するための N C 加工機 1 は、加工機ベース 2 に設けられた Z 軸ベース 4 6 上で主軸 1 4 の長手方向である Z 軸方向に往復移動可能な Z 軸テーブル 3 と、加工機ベース 2 に設けられた X 軸ベース 4 7 上で Z 軸方向に直交する X 軸方向に往復移動可能な X 軸テーブル 4 とを備えている。Z 軸テーブル 3 には、主軸台 5 が載置されている。Z 軸テーブル 3 は、Z 軸ベース 4 6 に取り付けられたサーボモータ 6 によって駆動されて Z 軸方向に往復移動する。また、主軸台 5 には、主軸 1 4 を回転させるスピンドルモータ 7 が組み込まれている。主軸 1 4 の先端にはチャック 8 が設けられており、チャック 8 には工作物 9 が保持されている。また、Z 軸テーブル 3 の Z 軸方向に直交する X 軸方向に往復移動可能な X 軸テーブル 4 は、主軸 1 4 のチャック 8 に取り付けられた工作物 9 と対向する位置に配置されている。X 軸テーブル 4 には、直

接或いは刃物台テーブルを介在してターナ 11 が固定されると共に、主軸 14 に対向して各種のバイト 44 を取り付けするための刃物台 43 が設置されている。

#### 【0028】

この高速曲面加工方法は、概して、工作物 9 を保持した主軸 14 を回転支持する主軸台 5、主軸 14 を Z 軸方向に往復移動させる Z 軸テーブル 3、主軸 14 に保持された工作物 9 と対向する位置に配設され且つ Z 軸方向に直交する X 軸方向に移動可能な X 軸テーブル 4、X 軸テーブル 4 に設置されたターナ 11 を構成するターナベース 16、ターナベース 16 上で Z 軸方向に平行な Y 軸方向に往復移動し且つ一端にバイト 15 が取り付けられるスライダ 12、及びスライダ 12 を Y 軸方向に往復運動させるリニアモータ 18 や回転式サーボモータの駆動装置を有する NC 加工機 1 を用いることによって達成される。

#### 【0029】

この高速曲面加工方法は、特に、バイトを取り付けたスライダ 12 を移動させる駆動装置をリニアモータ 18 で構成し、スライダ 12 の往復移動の加速度を予め決められた所定（一定）の加速度に設定し、スライダ 12 の所定の加速度を一定に保って運動させるように主軸 14 の回転速度を変化させ、主軸 14 の可変回転速度の回転に、スライダ 12 の Y 軸方向への動き及び X 軸テーブル 4 の X 軸方向への動きを互いに同期させ、バイト 15 の Y 軸方向への移動方向に直交する工作物 9 の対向面 31、実施例ではレンズのレンズ面をバイト 15 によって予め決められた所定の曲面に切削加工することを特徴としている。スライダ 12 の往復移動の所定の加速度は、スライダ 12 の往復移動の最高加速度以内に設定し、それに応じて主軸 14 の回転速度を変化させると、工作物 9 を予め決められた所定の曲面に高速に切削加工することができ、工作物加工のサイクルタイムを短縮することができる。スライダ 12 の加速度は、最高加速度に設定すると、サイクルタイムを最も短縮することができる。この高速曲面加工方法では、例えば、主軸 14 の回転上昇曲線と X 軸の毎回転送り量（スライダ 12 の X 軸方向の送り量）から X 軸（ターナベース 16）の位置を割り出し、更に、Y 軸（スライダ 12）の移動量を算出して各軸の相対的な移動量を決めてプログラムを作っていくことができる。

## 【0030】

更に、この高速曲面加工方法は、バイト15による工作物9の切削加工時に、主軸14を取り付けたZ軸テーブル3をZ軸方向に移動させ、Z軸テーブル3のZ軸方向への動きを、主軸14の可変回転速度の回転、スライダ12のY軸方向への動き及びX軸テーブル4のX軸方向への動きに互いに同期させることができ、スライダ12の往復移動のストロークが短くなり、更にサイクルタイムを短縮することができる。或いは、この高速曲面加工方法は、Z軸テーブル3をZ軸方向に移動させることなく固定して、主軸14の可変回転速度の回転、スライダ12のY軸方向への動き及びX軸テーブル4のX軸方向への動きに互いに同期させて、工作物9を切削加工することができることは勿論である。主軸14を設置したZ軸テーブル3を固定した場合は、主軸14のZ軸方向への移動量が零になるという一種の特異点に相当している。

## 【0031】

図1を参照して、この発明による工作物の高速曲面加工方法による工作物の切削加工のサイクルタイムと従来のサイクルタイムとの比較を説明する。図6に示すように、工作物9がレンズの場合であり、工作物9に切削加工される所定の曲面が、ベースのR形状半径値 $R_L$ とベースに直交するクロスのR形状半径値 $R_S$ であって $R_L > R_S$ であるトーリック形状であるとする。図1において、横軸を工作物9に対する曲面加工のサイクルタイム、及び縦軸をバイトの加速度とする。図1の(A)には、この高速曲面加工方法であって、スライダ12を所定の加速度に一定に保って運動させるように主軸14の回転速度を変化させ、主軸14の回転速度の変化率を最適化した任意の曲線（例えば、二～四次曲線）で上昇させた場合であってサイクルタイムが短縮された状態が示されている。図1の(B)は、この高速曲面加工方法であって、スライダ12の加速度が所定の加速度を超えないように、主軸14の回転速度を直線的に上昇させた（即ち、変化率一定の）場合であってサイクルタイムが短縮された状態が示されている。図1の(C)は、従来の工作物の曲面加工方法であって、主軸14を所定の回転数で加工中一定速度で回転させ、主軸14の回転速度が一定で加工位置が工作物9の内径に移動するに従ってスライダ12の移動量が少なくなるため、スライダ12の加速



度が低下した場合であって、サイクルタイムが短縮されていない状態即ち 1 の状態が示されている。

### 【0032】

図 1 に示すように、この高速曲面加工方法は、スライダの加速度が制御の基準になっており、従来の主軸 14 の回転数が一定で制御して工作物 9 を切削加工するものに比較して、サイクルタイムを大幅に短縮することができる。例えば、スライダ 12 の最高加速度以下の加速度を予め決められたスライダ 12 の所定の加速度にし、スライダ 12 の所定の加速度を出来るだけ一定に保つように主軸 14 の回転速度を直線状の変化率で上昇させた場合には、図 1 の (B) のようになり、例えば、工作物 9 の切削加工のサイクルタイムは 30～40% 程度短縮させることができる。また、スライダ 12 の最高加速度を予め決められたスライダ 12 の所定の加速度に設定し、該所定の加速度を出来るだけ一定に保つように主軸 14 の回転速度を変化させて主軸 14 を回転させ、その場合、主軸 14 の回転変化率を適正化して任意の曲線の変化率で上昇させた場合には、図 1 の (A) のようになり、工作物 9 の切削加工のサイクルタイムは、50% 程度短縮させることができる。例えば、主軸 14 の回転速度を適正化した曲線の変化率で上昇させると、工作物の切削加工の最初から終了近くまで RB、RC が平行に延びる状態を確保できることになる。しかしながら、工作物 9 の中心部の回転数が非常に高くなるため、主軸 14 の回転数の上限を考慮して、バイト 15 による工作物 9 の中心部の切削加工になるに従ってバイト 15 の加速度を変化させる必要がある。また、この高速曲面加工方法は、工作物 9 に対する曲面の切削加工は、主軸 9 に対する一定周期の角度即ち角度周期により繰り返される類似指令を考慮する予見学習制御によって達成することができ、工作物 9 の曲面加工を高精度に達成することができる。

### 【0033】

次に、図 7 を参照して、主軸 14 の Z 軸方向への移動を停止させた場合と主軸 14 の Z 軸方向への移動をその回転とスライダ 12 の Y 軸方向へ移動に同期させた場合とのスライダ 12 の移動量の相違を説明する。ここでは、説明を簡単にするため、主軸 14 の回転速度を一定にして、主軸 14 の回転速度に予め所定の回

転数に設定してスライダ 12 の加速度を変化させた条件で説明をするが、スライダ 12 の予め決められた所定の加速度に設定して主軸 14 の回転速度を可変にし、スライダ 12 (Y 軸) の加速度を一定に保つように主軸 14 の回転速度を変化させる場合にも、主軸 14 の Z 軸方向へ移動させる制御が同様に適用できるものである。

#### 【0034】

この高速曲面加工方法は、主軸 14 の回転と Z 軸テーブル 3、スライダ 12 及び X 軸テーブル 4 の動きとを互いに同期させ、主軸 14 の回転と Z 軸方向への移動とに同期して、スライダ 12 を Y 軸方向に往復運動させると共に X 軸テーブル 4 を X 軸方向に移動させ、バイト 15 の移動方向に直交する工作物 9 の対向面 31 をバイト 15 によって予め決められた所定の曲面に切削加工することを特徴としている。工作物 9 がレンズの場合には、対向面 31 はレンズ面である。この高速曲面加工方法は、工作物 9 の対向面 31 をトーリック形状 (円環面形状) 等の曲面に切削加工する場合には、バイト 15 を固定したスライダ 12 の Y 軸方向の往復移動のストロークは、工作物 9 を保持して主軸 14 の Z 軸方向の移動のストローク分だけ差し引いた値に設定される。

#### 【0035】

図 7 は、この高速曲面加工方法における Z 軸方向と Y 軸方向の移動関係を示すグラフである。図 7 の (A) において、縦軸をレンズ厚さとし、横軸をレンズの半径とすると、符号 X は光学軸であって主軸 14 の回転軸心に対応している。図 7 の (A) は Z 軸方向の Z 軸テーブル 3 を固定した場合であり、図 7 の (B) は Z 軸方向の Z 軸テーブル 3 を RB 軌跡で移動させた場合であり、図 7 の (C) は (A) の曲線中心線 RO を直線で示した関係を示している。各グラフにおける陰影部分は、(B) と (C) では Y 軸方向であるスライダ 12 の移動量を示し、(C) では Z 軸テーブル 3 を RO 軌跡で移動させた場合のスライダ 12 の Y 軸方向の移動量を示している。

#### 【0036】

この高速曲面加工方法は、例えば、工作物 9 が樹脂製レンズであり、図 6 に示すように、工作物 9 に切削加工される曲面がベースの R 形状半径値 RL とベース

に直交するクロスのR形状半径値RSから成るトーリック形状の場合には、RBが大きい半径RLで且つRCが小さい半径RS ( $RL > RS$ ) であるとする、図7の(A)に示す半径RBの球の軌跡を加工する動きをZ軸テーブル3で移動させると、図7の(B)に示すように、バイト15を固定したスライダ12のY軸方向の移動はクロスのR形状半径値RSに対応する移動量RCとベースのR形状半径値に対応する移動量RBとの差分 ( $RC - RB$ ) に設定される。従って、縦軸にはバイト15を取り付けたスライダ12の移動量 (例えば、RC) と工作物9を取り付けた主軸14の移動量 (例えば、RB) とすると、スライダ12に取り付けたバイト15の移動量は、差分 ( $RC - RB$ ) となり、工作物9のレンズ面の切削加工のためのバイト15の移動距離はZ軸テーブル3の固定の場合に比較して短くなる。

#### 【0037】

工作物9の対向面31に対する予め決められた所定の曲面の切削加工は、例えば、眼鏡用レンズであり、バイト15によって凹レンズ面、凸レンズ面、トーリックレンズ面、累進多焦点レンズ面、凹レンズ面又は凸レンズ面とトーリックレンズ面及び／又は累進多焦点レンズ面との複合レンズ面等のレンズ面を切削加工するものであり、繰り返される指令を考慮する予見学習制御及び学習制御によって達成されている。

#### 【0038】

また、NC加工機1では、X軸テーブル4は、工作物9と対向する位置にZ軸テーブル3に直交して設置され、サーボモータ10によって駆動されてX軸方向に往復移動する。また、X軸テーブル4にはターナ11が設置されている。ターナ11は、X軸テーブル4に支持ピン35を介して設定して固定されたスライドベース13に取り付けられたターナベース16、ターナベース16上でY軸方向 (Z軸方向に平行な方向) に往復運動するスライダ12、スライダ12をY軸方向に往復移動させる駆動装置であるリニアモータ18や回転式サーボモータの駆動装置から構成されている。スライダ12は、先端部にバイトホルダ28を有しており、バイトホルダ28にはバイト15が取り付けられる。また、図3～図5では、駆動装置としてリニアモータ18が利用されており、リニアモータ18は

、X軸テーブル4に取り付けられたスライドベース13上に設置されたターナ11に組み込まれている。スライダ12は、その下面に設けられたスライドガイド33を介してZ軸方向に移動可能に支持する軸受を構成する軌道レール17上を往復移動する。

#### 【0039】

工作物9の対向面31をバイト15で切削加工する時には、工作物9は、主軸台5の主軸(C軸)の先端に設けられたチャック8によって保持され、スピンドルモータ7によってC軸回りに、例えば、300rpm以上の回転速度で回転する。工作物9としては、樹脂材(プラスチック)や非金属が好適である。工作物9を保持した主軸14は、その回転に同期してサーボモータ6の駆動によってZ軸方向に往復移動しつつ、スライダ12の先端に取り付けられたバイト15は、スライダ12の往復運動に伴ってZ軸方向に往復運動すると共にX軸テーブル4と一緒にX軸方向にも往復運動する。NC加工機1は、スライダ12の重量やターナ11を載置したX軸テーブル4の質量がそれぞれかなり小さいので、慣性力も小さくなり、高加速度で往復運動が可能となる。

#### 【0040】

NC加工機1による工作物9に対する切削加工は、数値データに基づいて主軸回転駆動用のスピンドルモータ7及びX軸テーブル4を駆動するサーボモータ10を制御することにより行われるが、刻々変化する主軸14の回転角は高分解能のロータリエンコーダによって連続的に検出される。スライダ12を駆動するリニアモータ18について、スライダ12の往復運動によるバイト15の刻々変わる実際の移動量は、リニアモータ18に設けられたリニアスケール21により連続的に検出され、該検出値はNC制御装置の記憶情報と比較され、比較情報に基づいてサーボモータ6、10、リニアモータ18及びスピンドルモータ7は制御される。また、X軸テーブル4の位置もパルスコードによって検出され、X軸テーブル駆動用のサーボモータ10がNC制御される。

#### 【0041】

NC加工機1は、樹脂材から成るレンズ面加工等の切削加工を行うバイト15を取り付けた高速高加速度に対応できるターナ11を備えている。スライダ12

は、コントローラによって主軸 14 の回転運動に同期すると共に、Z 軸テーブル 3 及び X 軸テーブル 4 の往復移動に同期して往復移動し、外部データ入力等に追従して制御されて高速高加速度で往復移動可能であり、バイト 15 で工作物 9 のレンズ面等の対向面 31 を高速に且つ高加速度に切削加工するのに適用されている。

#### 【0042】

ターナ 11 は、長手方向に延びる凹部 40A、40B をそれぞれ備えた一对のターナベース部材 16A、16B から成るターナベース 16、及びターナベース 16 上で往復移動するスライダ 12 から構成されている。ターナベース 16 は、スライドベース 13 上にターナベース部材 16A、16B の凹部 40A、40B を互いに対向状態に配置し、一方のターナベース部材 16A をスライドベース 13 に形成された係止段部 27 に当接させ、ターナベース部材 16A の対向面 41A に他方のターナベース部材 16B の対向面 41B を当接させてスライドベース 13 に設けた幅決めブロック 26 で固定することによって組み立てられ、スライドベース 13 に固定されている。

#### 【0043】

ターナベース部材 16A、16B の長手方向の凹部 40A、40B を対向させてスライドベース 13 に固定することによって、ターナベース部材 16A とターナベース部材 16B と間に凹部 40A、40B によってスライダ 12 の収容室 42 が形成される。ターナベース部材 16A、16B の上端部には上蓋 24 が取り付けられ、収容室 42 の上部が閉鎖されている。ターナベース 16 の収容室 42 には、スライダ 12 が Z 軸方向に往復移動可能に配設されている。収容室 42 の側方に形成された開口部からスライダ 12 が突出し、その先端部にバイト取付部材 45 が固定されている。スライダ 12 の先端部に取り付けられたバイト取付部材 45 には、バイトホルダ 28 が取り付けられている。バイト 15 は、バイトホルダ 28 に交換可能にセットされるように構成されている。バイト 15 は、スライダ 12 に直接取り付けられたバイトホルダ 28 にセットするように構成することもできる。

#### 【0044】

NC加工機1は、スライダ12をターナベース16に対してY軸方向（Z軸方向と同一方向）に往復移動させる駆動装置がリニアモータ18で構成されている。この実施例では、スライダ12を往復移動させるリニアモータ18は、ターナベース16に固定された電機子コイルでなるリニアモータコイル19と、スライダ12に設けられた界磁マグネットでなるリニアモータ磁石板20とから構成されたマグネット移動型リニアモータに構成されている。勿論、電機子コイルが移動するコイル移動型リニアモータに構成することもできる。ターナベース16には、スライドベース13上に固定されたX軸方向に直交するY軸方向（Z軸方向と同一方向）に延びるリニアガイドを構成する軌道レール17が複数箇所に固定されている。スライダ12には、スライドガイド33が固定されており、スライダ12は、ターナベース16に設けた軌道レール17に沿ってスライドガイド33を往復移動させることによって高速高加速度で往復移動することができる。

#### 【0045】

スライダ12の往復移動範囲即ちストロークについて、リニアモータコイル19に沿って延びるリニアスケール21とリニアスケール検出器22が設けられている。従って、スライダ12のターナベース16に対する移動量は、リニアスケール検出器22によって直ちに検出され、その移動量の情報はコントローラにフィードバックされ、次のスライダ12の移動制御に反映される学習制御機能と予見学習制御機能によって制御されるように構成されている。更に、ターナベース16とリニアスケール21との間には、リニアスケール21の位置決めのためスケール部ライナ39が設けられている。コントローラは、予め決められた加工指令値に基づいてスライダ12に設けたバイト15によって工作物9の対向面31、工作物9がレンズであればレンズ面を切削加工するように制御し、その際に、切削加工情報をフィードバックさせ、切削加工情報と加工指令値との差を零に近づける制御をし、工作物9に対する次の切削加工に活かす学習制御機能や予見学習制御機能を備えている。

#### 【0046】

ターナベース16には、リニアモータコイル19を冷却するための冷却プレート23が設けられている。リニアモータコイル19には、リニアモータ磁石板2

0 がスライダ 12 の往復移動に伴って磁力を切るが、その時に熱が発生し、高温になる。冷却プレート 23 は、リニアモータコイル 19 に発生した熱を冷却するため設けられている。また、スライドベース 13 のターナ軸と Z 軸テーブル 3 の Z 軸との平行度を調整するため基準ブロック 32 が X 軸テーブル 4 に取り付けられている。スライドベース 13 には、調節ブロック 36 が設けられているので、調節ブロック 36 に設けた調整ねじ 37 によって、スライドベース 13 を基準ブロック 32 に対して調整し、ターナ軸と Z 軸との平行度が調整される。また、ターナベース 16 と軌道レール 17 との間には、スライダ 12 のターナベース 16 に対する移動範囲の位置決めをするため LM 部ライナ 38 が設けられている。ターナベース 16 には、スライダ 12 のストロークを規制するためのストッパ 29, 30 が設けられている。スライダ 12 には、ストッパ 29, 30 に当接してスライダ 12 の移動範囲を規制するストッパ当接部材 34 が設けられている。ターナ 11 に設けられた駆動装置に接続される動力線、信号線等の配線、及び前記ターナのための冷却、潤滑等の配管は、スライダ 12 の移動に伴って屈曲可能なガイドカバー 25、被覆部材等に収容されている。

#### 【0047】

#### 【発明の効果】

この発明による工作物の高速曲面加工方法は、上記のように、主軸の回転を Y 軸方向にリニアモータや回転式サーボモータの駆動装置で往復移動するスライダの加速度を一定に保つように変化させるものであり、工作物を加工中のスライダの加速度を適正化した任意の加速度、例えば、最高加速度に設定でき、スライダの最高加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転速度を追従変化させ、主軸の回転速度は中心部になるに従って高速に運転されて工作物の中心部での Y 軸方向へのスライダ即ちバイトの加速度が低下することなく、工作物の切削加工のサイクルタイムを大幅に小さく、例えば、30%～50%程度にまで短くすることができ、工作物の加工効率を向上させることができる。また、この高速曲面加工方法は、工作物に対する形状精度及び面粗さが必要になる加工領域では、加工指令（プログラム）で、X 軸テーブルの送り量を調整して加工することによって、所定の精度を確保することができる。

## 【0048】

また、この高速曲面加工方法は、工作物を保持した主軸をZ軸方向に移動させる分だけバイトを取り付けたスライダの移動量のストロークを短くでき、リニアモータ等の駆動装置で往復動するスライダを小型に構成できるので、スライダの質量を小さく構成でき、慣性力を低減し、スライダを高速高加速度に往復移動させることができ、スライダの往復移動に主軸の回転速度を追従させることができ、レスポンスを向上させて工作物に対するトーリック形状等の曲面を高精度に加工することができる。また、可動物であるスライダが同一加速度で移動する場合に、スライダの質量によって反力が決まり、その反力の大きさによって、反力を受ける固定物（ターナベースとそれを取り付けたX軸テーブル）の剛性、減衰性、質量等が決定されるので、可動物によって発生する反力が小さい方が装置自体もシンプルに小型化でき、装置自体の質量を大きくする必要がなくなる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

この発明による工作物の高速曲面加工方法による工作物の切削加工のサイクルタイムと従来のサイクルタイムとの比較を説明するためのグラフである。

## 【図2】

この発明による工作物の高速曲面加工方法を達成するためのNC加工機を説明する概略平面図である。

## 【図3】

図2のNC加工機におけるターナを示す正面図である。

## 【図4】

図2のNC加工機におけるターナを示す平面図である。

## 【図5】

図2のNC加工機におけるバイトを取り除いたターナを示す側面図である。

## 【図6】

この高速曲面加工方法によって切削加工する工作物の一例であるトーリックレンズを示す斜視図である。

## 【図7】



この高速曲面加工方法における Z 軸方向と Y 軸方向の移動関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 NC 加工機
- 2 加工機ベース
- 3 Z 軸テーブル
- 4 X 軸テーブル
- 5 主軸台
- 6 サーボモータ
- 7 スピンドルモータ
- 9 工作物
- 10 サーボモータ
- 11 ターナ
- 12 スライダ
- 13 スライドベース
- 14 主軸
- 15, 44 バイト
- 16 ターナベース
- 16 A, 16 B ターナベース部材
- 17 軌道レール
- 18 リニアモータ
- 19 リニアモータコイル（電機子コイル）
- 20 リニアモータ磁石板（界磁マグネット）
- 21 リニアスケール
- 22 リニアスケール検出器
- 28 バイトホルダ
- 31 対向面（レンズ面）
- 43 刃物台

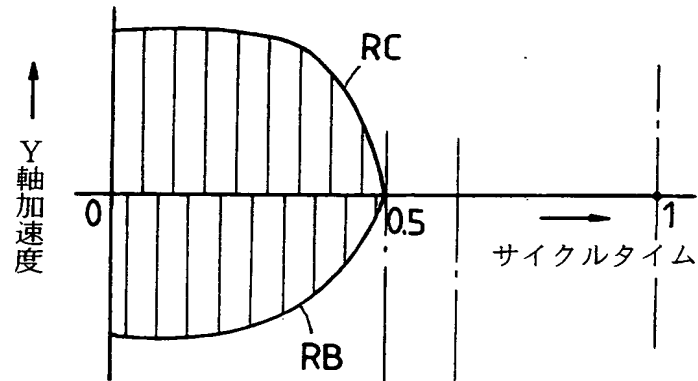
【書類名】

図面

【図 1】

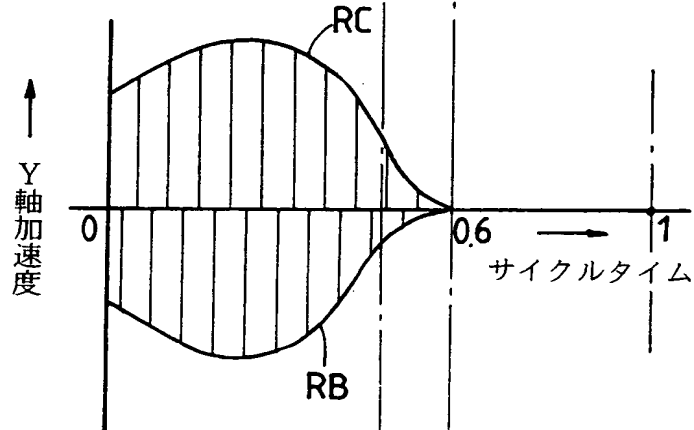
主軸回転速度最適化した曲線上昇

(A)



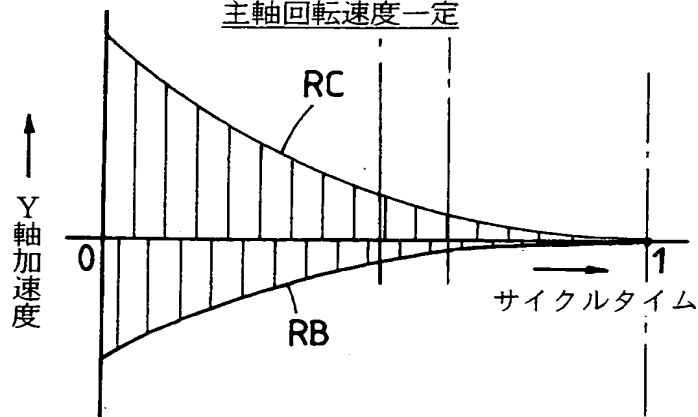
主軸回転速度一定上昇

(B)

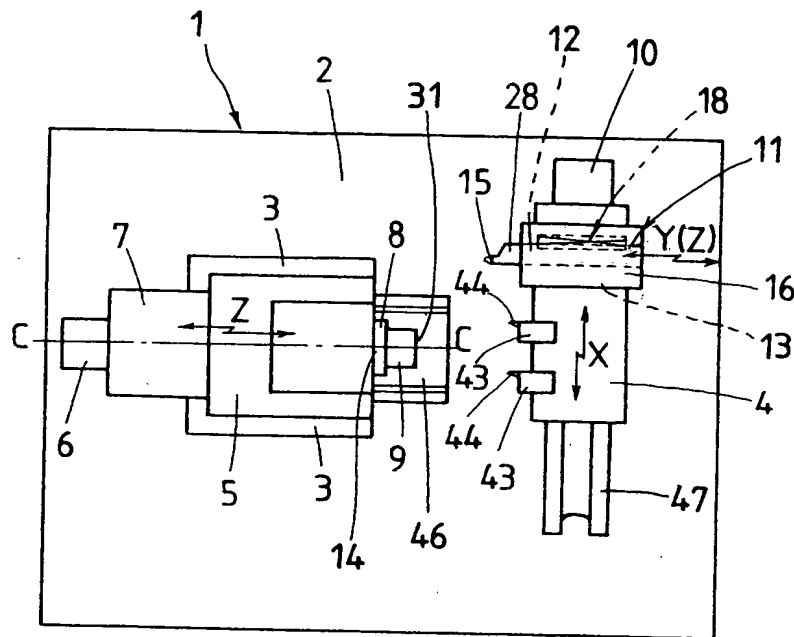


主軸回転速度一定

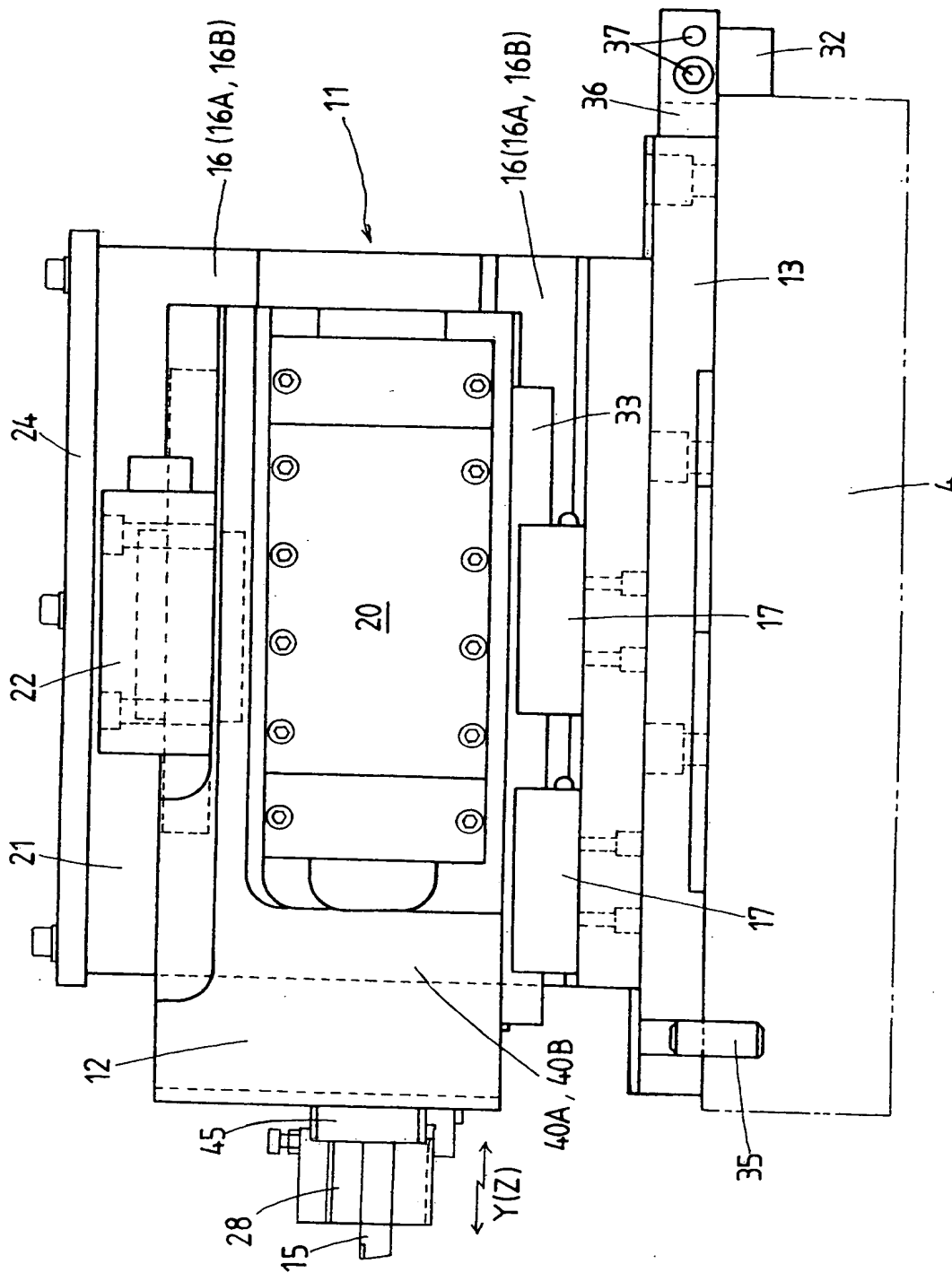
(C)



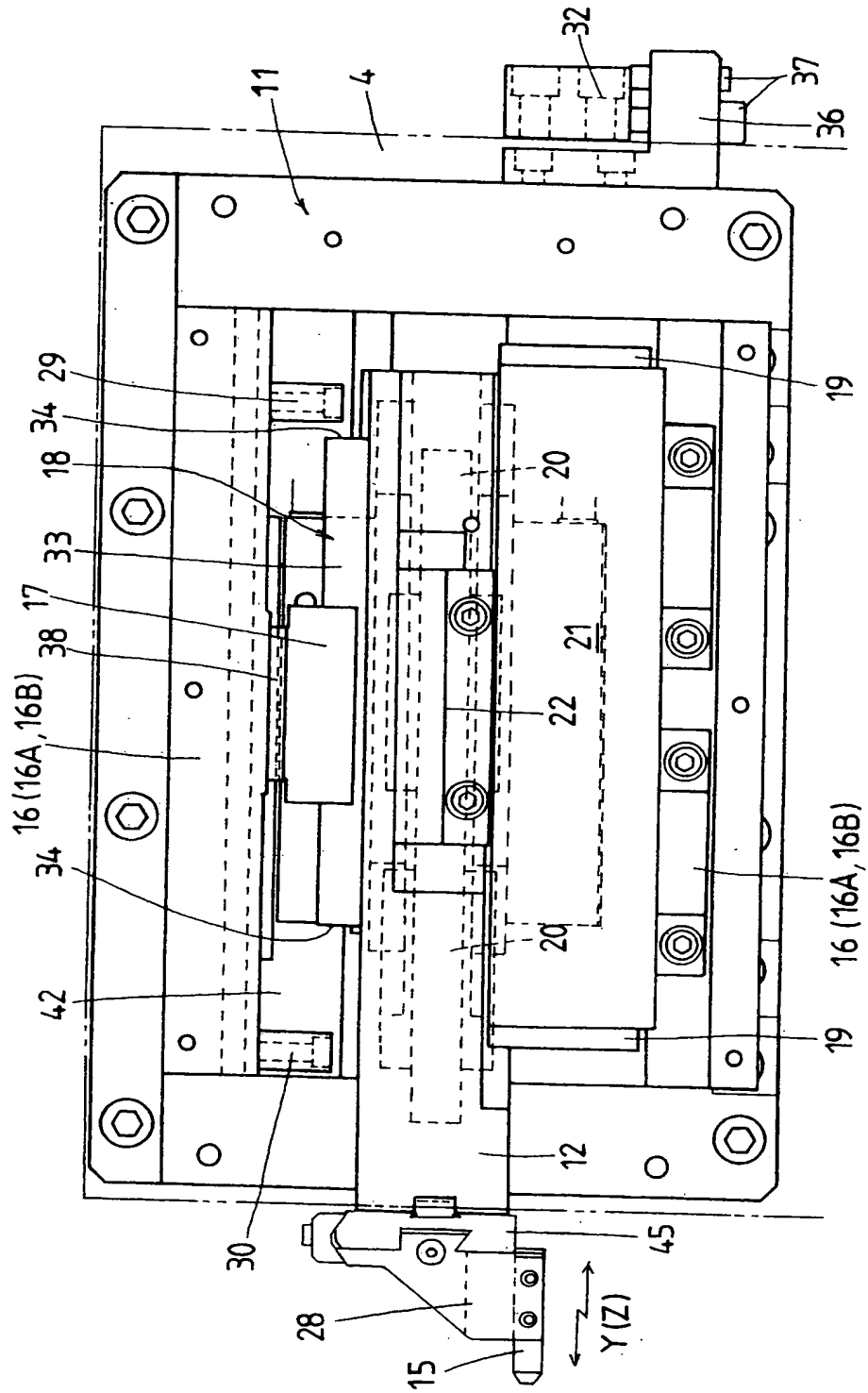
【図 2】



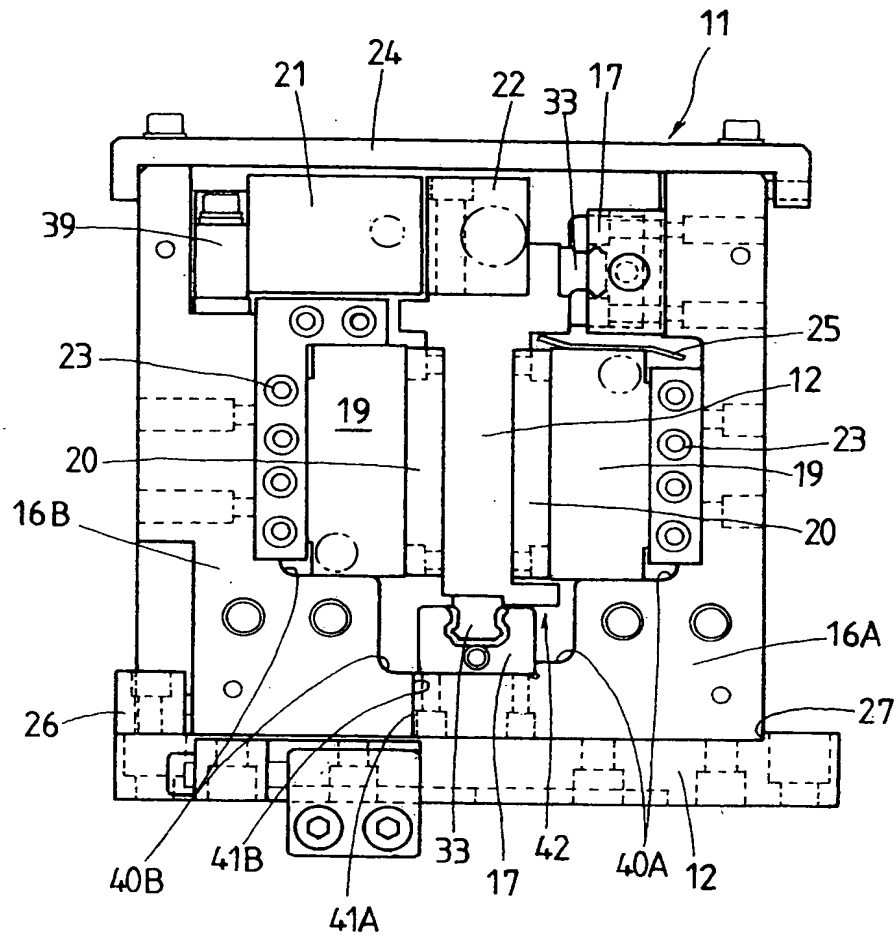
【図 3】



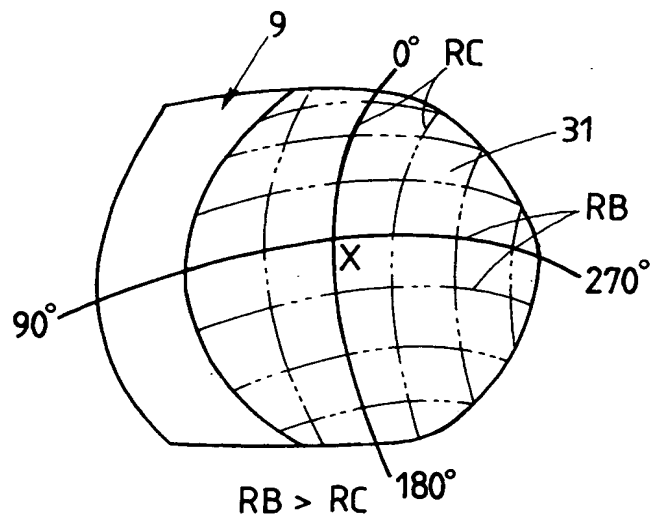
【図 4】



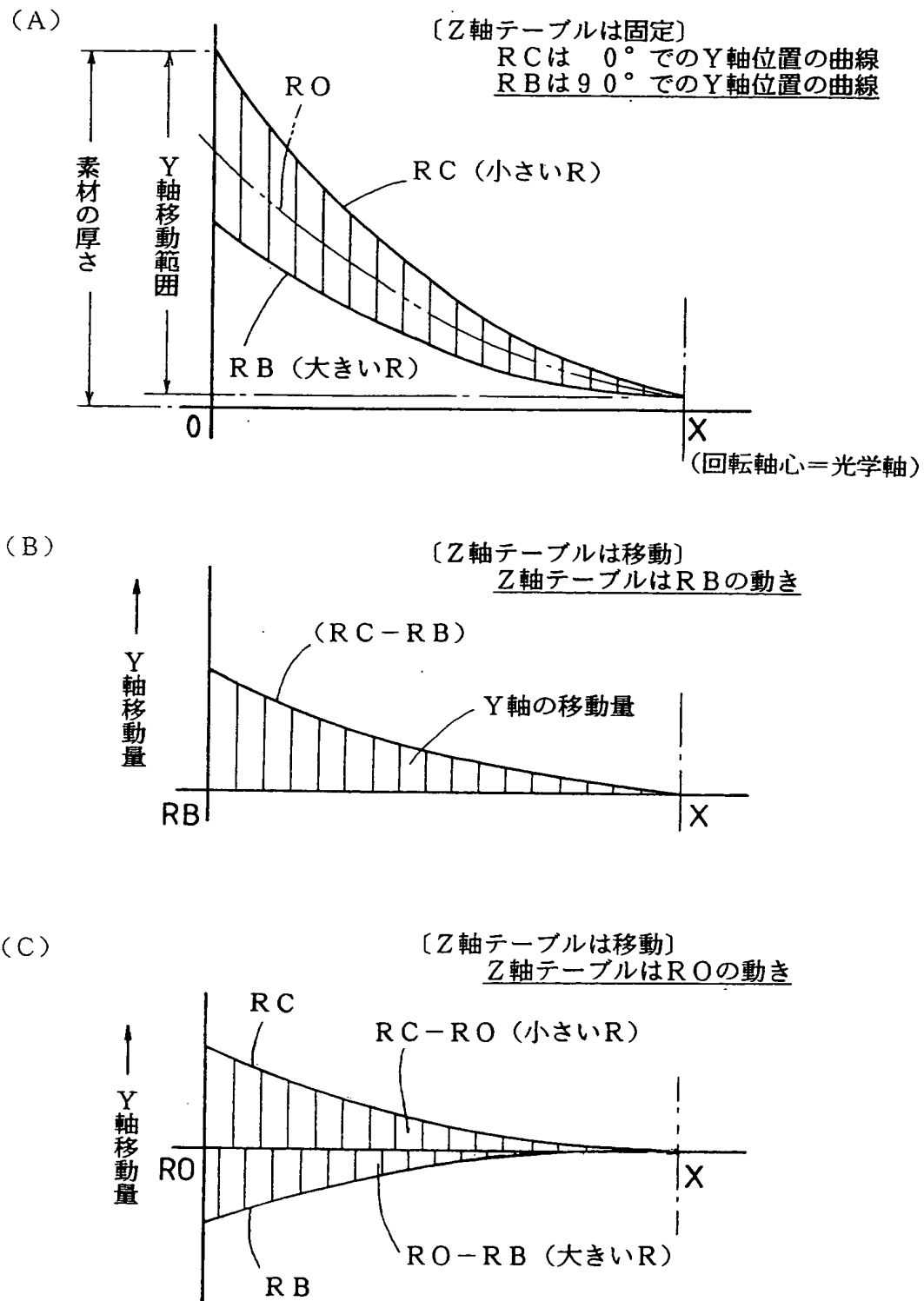
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 この高速曲面加工方法は、スライダの加速度を予め決められた所定の加速度に設定し、スライダの加速度を出来るだけ一定に保つように主軸の回転速度を変化させ、サイクルタイムを短縮させる。

【解決手段】 この高速曲面加工方法は、スライダ 1 2 の往復移動の加速度を予め決められた所定の加速度に設定し、該加速度を出来るだけ一定に保つように主軸 1 4 の回転速度を変化させ、スライダ 1 2 の所定の加速度による動きに、主軸 1 4 の回転と X 軸テーブル 4 の動きとを互いに同期させ、バイト 1 5 の Y 軸移動方向に直交する工作物 9 の対向面 3 1 を予め決められた所定の曲面に切削加工する。

【選択図】 図 2



特願 2003-195569

出願人履歴情報

識別番号

[000196705]

1. 変更年月日

1993年 1月26日

[変更理由]

住所変更

住 所

福岡県粕屋郡古賀町駅東三丁目3番1号

氏 名

西部電機株式会社

2. 変更年月日

1997年11月 5日

[変更理由]

住所変更

住 所

福岡県古賀市駅東三丁目3番1号

氏 名

西部電機株式会社